10.22092/sppi.2022.356920.1238

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۷، شماره ۳، سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

ارزیابی خصوصیات پومولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های امید بخش گردو با باردهی جانبی در ارومیه

Evaluation of Pomological and Biochemical Attributes of Promising Walnut Genotypes with Lateral Bearing in Urmia in Iran

کیهان طرحی[1]، علیرضا فرخزاد[2]، راحله قاسم زاده[3] و مهدی محسنی آذر[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه ارومیه، ارومیه.
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه ارومیه، ارومیه.
۳- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه.
۴- کارشناس، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۸/۱۶

چکیده

طرحی،ک.، فرخزاد، ع.، قاسم زاده، ر. و محسنی آذر، م. ۱۴۰۰. ارزیابی خصوصیات پومولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های امید بخش گردو با باردهی جانبی در ارومیه. **مجله نهال و بذر۳۷:** ۳۱۶-۲۹۳.

به منظور شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های برترگردو با باردهی جانبی، بخشی از ژرم‌پلاسم گردو در ارومیه طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ مورد ارزیابی اولیه قرار گرفت. یازده ژنوتیپ برتر براساس خصوصیات پومولوژیک انتخاب و همراه با رقم چندلر (Chandler) از نظر خصوصیات پومولوژیک، بیوشیمیایی و اسیدهای چرب مورد ارزیابی قرار گرفتند. برخی صفات مرتبط با خشک میوه و مغز، میزان فنل و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، درصد چربی و پروفیل اسیدهای چرب مورد بررسی قرار گرفت. وزن خشک میوه از ۹/۱ گرم در ژنوتیپ PG7 تا ۱۵/۳۶ گرم در ژنوتیپ PG6 و وزن مغز بین ۵/۰۳ گرم در ژنوتیپ PG5 تا ۶/۷۳ گرم در ژنوتیپ PG6 متغیر بود. بالاترین درصد مغز با کمترین ضخامت پوست سخت در ژنوتیپ PG7 مشاهده شدکه به طور معنی‌داری بالاتر از رقم چندلر بود. بالاترین محتوای فلاونوئیدکل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رقم چندلر مشاهده شد. همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بجز ژنوتیپ PG2، درصد چربی بالاتر از ۵۵ درصد داشتند. هشت نوع اسید چرب در ژنوتیپ‌ها شناسایی شدکه بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به اسید لینولئیک، اسید اولئیک و اسید لینولنیک بود. بالاترین مقدار اسید لینولئیک (۴۷/۷۸ درصد) و اسید لینولنیک (۲۱/۷۳ درصد) در ژنوتیپ PG6 مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان دادکه ژنوتیپ‌های بسیار مطلوبی در میان ژنوتیپ‌های بومی گزینش شده وجود داشت که از نظر برخی ویژگی‌های کمی وکیفیت خشک میوه و مغز با رقم چندلر قابل رقابت بودند.

واژه‌های کلیدی: گردو، وزن میوه خشک، درصد مغز، اسیدهای چرب، فعالیت آنتی اکسیدانی.

نگارنده مسئول: r.ghasemzade@urmia.ac.ir تلفن: ۰۴۴۳۱۹۴۳۱۵۰

مقدمه

گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) یکی از خشک میوه‌های بسیار مهم بوده که از گذشته های دور در ایران و نقاط مختلف دنیا به عنوان درخت چند منظوره مورد کشت و کار قرار گرفته است. گردو در باغبانی به علت اهمیت میوه آن، در جنگل کاری برای چوب، در دارو سازی به عنوان یک گیاه دارویی و در احداث پارک ها به عنوان یک گیاه زینتی مورد استفاده قرار می گیرد(Vahdati *et al.*, 2018).

مصرف مغزهای آجیلی و خشک میوه‌ها به دلیل ارزش تغذیه‌ای آن‌ها در سلامتی انسان نیز در طی سال‌های اخیر افزایش یافته‌است (Zbanca *et al.*, 2020). در این‌میان، گردو به‌دلیل وجود منابع غنی اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶ اهمیت فوق‌العاده‌ای در رژیم‌های غذایی انسان پیدا کرده‌است و هر روز بر میزان تقاضا برای آن افزوده می شود (Savage, 2001; Petrović-Oggiano *et al*., 2020). در بین گونه های گردو، گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) دارای بیشترین ارزش تجاری و اقتصادی است که در اغلب نقاط دنیا کاشته می شود (McGranahan and Leslie, 1991).

ایران با ۴۸۲۳ تن صادرات گردو در سال، سهم بسیار ناچیزی از صادرات جهانی گردو دارد(کمتر از ۰/۵۷ درصد از کل صادرات جهانی گردو). در حالیکه ایالات متحده آمریکا با صادرات ۲۷۹۵۳۴ تن در سال، ۳۲/۹۷ درصد از کل صادرات جهانی گردو را دراختیار دارد (FAO, 2019). یکی از دلایل مهم عدم توفیق ایران در امر صادرات گردو، عدم یکنواختی محصول به دلیل نداشتن رقم و همچنین نامطلوب بودن کیفیت میوه و مغز آن می‌باشد (Rezaee *et al.*, 2008). بنابراین مطالعه در میان ژنوتیپ‌های گردو در ایران و یافتن ژنوتیپ‌های برتر در بین آنها از نظر عملکرد و کیفیت مغز می تواند اهمیت ویژه‌ای داشته باشد.

ایران مرکز تنوع و پیدایش بسیاری از گونه های زراعی و باغی به ویژه گردوی ایرانی می‌باشد (Forde and McGranahan, 1996). شناسایی، حفاظت و استفاده از منابع ژنتیکی به عنوان یکی از ارزشمندترین ثروت های ملی هر کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین بررسی تنوع ژنتیکی موجود در ایران جهت شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های برتر، اولین گام در هر برنامه‌ی مرتبط با حفاظت و توسعه پایداری کشت گونه‌های گیاهی است (Arzani *et al*., 2008; Rezaee *et al*., 2008).

ارزیابی پتانسیل ژنتیکی ژرم پلاسم گردو در نقاط مختلف دنیا جهت ارزیابی میزان تنوع موجود و شناسایی نمونه های مطلوب انجام شده است (Cosmulescu *et al*., 2018; Poggetti *et al*., 2018; Karlidag *et al*., 2019; Rezaei *et al*., 2020; Tarhi *et al*., 2021). در یک مطالعه برخی از ویژگی‌های گیاه‌شناسی، پومولوژیک و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های گردو (*J. regia* L.) رشد یافته در استان بینگل در شرق ترکیه مورد بررسی قرار گرفت و چندین

ژنوتیپ مطلوب از لحاظ خصوصیات میوه و مغز و ضخامت پوست سخت شناسایی شدند (Simsek *et al*., 2018).

در یک ارزیابی خواص آنتی اکسیدانی ۲۷ ژنوتیپ گردو و سه رقم خارجی در مرکز تحقیقات باغبانی استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت و فنل و فلاونوئید کل، آنتوسیانین، فعالیت آنتی اکسیدانی و رادیکال‌های پراکسید هیدروژن و فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز اندازه‌گیری شد که بیانگر تنوع بالا درمیان ژنوتیپ‌ها از لحاظ خصوصیات مورد بررسی بود (Soleimani Sarghashk, 2016). ترکیبات روغن گردو و پودر مغز نیز در نه رقم گردو مورد ارزیابی قرار گرفت (Rabadán *et al*., 2018). نتایج نشان داد که ترکیبات اسید چرب و پروتئین و آنتی اکسیدان بین ارقام و شرایط اقلیمی مختلف متفاوت بود.

تستولین و همکاران (Testolin *et al*., 2017)، با ارزیابی برخی ژنوتیپ‌های گردو در کشور ایتالیا، چند ژنوتیپ خوب بر حسب وزن میوه، وزن مغز، ضخامت پوست، رنگ مغز و ظاهر میوه را گزینش کردند که قابلیت معرفی و استفاده در برنامه های به نژادی آینده را داشتند. یرلیکایا و همکاران (Yerlikaya *et al*., 2012)، با ارزیابی یازده ژنوتیپ برتر و سه رقم تجاری گردو در ترکیه، میزان روغن نمونه‌ها را بین ۶۱/۳۲ تا ۶۹/۳۵ درصد گزارش کردند. همچنین میزان پروتئین از ۱۸/۱۸ تا ۵۸/۱۰ درصد و اسید اولئیک بین ۳۳/۳۵ تا ۹۰/۱۷ ، اسید لینولئیک از ۲۰/۶۰ تا ۴۳/۱۵، میزان اسید لینولنیک از ۰/۱۳ تا ۹/۹۸، مقدار اسید پالمیتیک بین ۵/۲۱ و ۸/۴۰ و اسید استاریک از ۲/۳۶ تا ۴/۲۵ درصد متغیر بود.

در ایران در سال‌های گذشته فعالیت هایی در زمینه به نژادی گردو از طریق گزینش ژنوتیپ‌های برتر از مناطق گردوکاری کشور انجام‌گرفته است و نتیجه آن معرفی برخی ژنوتیپ‌های مطلوب گردو و ارقامی چون جمال، کاسپین، چالدران، پرشیا و الوند بوده است که از نظر برخی صفات در حد ارقام خارجی و یا برتر هستند (Hassani *et al*., 2012; Mahmoodi *et al*., 2014; Hassani *et al*., 2020). رضایی و همکاران (Rezaei *et al*., 2020) با ارزیابی ۱۲ ژنوتیپ برترگزینش شده از شمال استان همدان از لحاظ خصوصیات مورفولوژیک، فنولوژیک و پومولوژیک، ژنوتیپ HaRaToMa23 را به عنوان ژنوتیپ برتر دیر برگده با خصوصیات مطلوب خشک میوه و مغز برای مطالعات تکمیلی انتخاب کردند. مطالعه نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که با ارزیابی ژرم پلاسم گردو از نقاط مختلف کشور امکان گزینش ژنوتیپ‌های برتر و معرفی ارقام مناسب برای هر منطقه وجود دارد.

یکی از راهبردهای مهم در به‌نژادی گردو شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر از میان ژرم پلاسم گردو می‌باشد. شهرستان ارومیه بدلیل سابقه طولانی باغداری و وجود درختان و

باغ‌های سنتی گردو پتانسیل بالایی برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو دارد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های برترگردو و ارزیابی مورفولوژیک و بیوشیمیایی آنها انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد مطالعه

پنجاه وهفت ژنوتیپ گردو پرمحصول با باردهی جانبی طی ارزیابی های میدانی در سال های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ از باغات ارومیه شناسایی و از میان آن‌ها ۱۱ ژنوتیپ که در دو سال از لحاظ باردهی و خصوصیات میوه و مغز برتر بودند انتخاب و همراه با رقم چندلر در سال ۱۳۹۸ از لحاظ خصوصیات پومولوژیک، فیتوشیمایی و پروفیل اسیدهای چرب مورد ارزیابی قرار گرفتند. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم معتدل با زمستانهای سرد (حداقل دما ۱۴- درجه سانتی‌گراد) و تابستانهای معتدل گرم (حداکثر دما حدود ۳۶ درجه سانتی‌گراد) بود. درختان ژنوتیپ‌های برتر گردوی مورد مطالعه ۲۵-۲۰ ساله و رقم چندلر نه ساله بود. مختصات جغرافیایی ژنوتیپ‌های برتر گزینش شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا برای ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Table 1. Geographical coordinates and altitude for selected walnut genotypes

ژنوتیپ Genotype	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع ار سطح دریا (متر) Altitude (m)
PG1	45°16'۱"E	37°39'07"E	1326
PG2	45°19'2"E	37°36'25"N	1340
PG3	45°19'2"E	37°36'26"N	1340
PG4	45°9'72"E	37°56'56"N	1326
PG5	45°18'42"E	37°56'00" N	1326
PG6	45°13'46"E	37°27'12"N	1310
PG7	45°37'57"E	37°27'29"N	1385
PG8	45°13'49"E	37°27'19"N	1300
PG9	45°23'30"E	37°37'49"N	1306
PG10	45°58'24"E	37°37'49"N	1350
PG11	45°16'33"E	37°36'45"N	1340
CHANDLER چندلر	45°03'50"E	37°04'14"N	1370

ارزیابی صفات پومولوژیک مرتبط با خشک میوه و مغز

به‌منظور ارزیابی خصوصیات پومولوژیک مرتبط با خشک میوه و مغز، از هر ژنوتیپ همراه با رقم چندلر (کشت شده در همان منطقه) سه شاخه در نقاط مختلف درخت (تکرار) و برای هر تکرار ۱۰ میوه به طور تصادفی از جهات مختلف درخت برداشت شد. زمان برداشت

میوه ها در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بین ۲۵ تا ۳۰ شهریور ۱۳۹۸ بود. وزن خشک میوه و مغز توسط ترازوی دیجیتالی بر حسب گرم اندازه‌گیری شد و با استفاده از داده های بدست آمده درصد مغز نیز محاسبه گردید. ضخامت پوست سخت و طول و عرض خشک میوه توسط کولیس دیجیتالی مدل NO: Z 22855 با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نمونه خشک میوه و مغز ژنوتیپ های برتر مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تصاویر مربوط به خشک میوه و مغز ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Fig. 1. Picture of nut and kernel of selected walnut genotypes

برخی خصوصیات کیفیت خشک میوه و مغز گردو به صورت امتیازدهی مورد ارزیابی قرار گرفت. رنگ مغز: ۱: خیلی روشن، ۲: روشن، ۳: کهربایی روشن و ۴: کهربایی ارزیابی شد. شکل میوه با توجه به برش طولی و عرضی در جهت شکاف دانه مشخص شد و به صورت امتیازدهی از ۱ تا ۹ به ترتیب برای گرد، مثلثی، تخم مرغی پهن، تخم مرغی، ذوزنقه ای کوتاه، ذوزنقه کشیده، بیضوی پهن، بیضوی و قلبی بیان شد. بافت پوست نیز با توجه به تقسیم بندی توصیف نامه گردو به صورت امتیازدهی از ۱ تا ۹ مشخص شد (۱: خیلی صاف، ۳: صاف، ۵: متوسط، ۷: ناصاف و ۹: خیلی ناصاف) (IPGRI, 1994).

بقیه شاخص های کیفیت مثل رنگ پوست (۱: خیلی روشن، ۳: روشن، ۵: متوسط، ۷: تیره و ۹: خیلی تیر)، وضعیت روزنه انتهایی(۱: باز یا دارای پوشش نازک، ۳: دارای پوشش نازک، ۵: دارای پوشش متوسط، ۷: دارای پوشش قوی و ۹: دارای پوشش بسیار قوی)، سختی پوست

(۱: کاغذی، ۳: ضعیف، ۵: متوسط و ۷: زیاد)، ضخامت تیغه میانی (۱: خیلی نازک، ۳: نازک، ۵: متوسط، ۷: ضخیم و ۹: خیلی ضخیم)، گوشتی بودن مغز (۳: نازک، ۵: متوسط و ۷: گوشتی)، پر بودن مغز (۳: ضعیف، ۵: متوسط و ۷: خوب)، راحتی جدا شدن دو لپه مغز (۱: خیلی آسان، ۳: آسان، ۵: متوسط، ۷: مشکل و ۹: خیلی مشکل) و میزان چروکیدگی مغز (۱: بدون چروکیدگی، ۳: چروکیدگی بسیار کم، ۵: چروکیدگی کم، ۷: چروکیدگی متوسطو ۹: چروکیدگی زیاد) نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. زمان برگ‌دهی ژنوتیپ‌ها نیز طبق توصیف‌نامه گردو ثبت گردید (IPGRI, 1994).

صفات فیتوشیمیایی گردو

صفات فیتوشیمیایی مورد ارزیابی در این پژوهش شامل فنل کل و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی مغز گردو بود. برای ارزیابی محتوای فنل و فلاونوئید کل از عصاره‌گیری با متانول ۸۵ درصد استفاده شد (Slinkard and Singleton, 1977). برای اندازه‌گیری محتوی فنل کل به ۳۰ میکرولیتر از عصاره، ۶۰۰ میکرولیتر معرف فولین‌سیو کالچو ۱۰ درصد، ۹۰ میکرولیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از گذشت ۶ دقیقه ۴۸۰ میکرولیتر کربنات سدیم به آن اضافه و حجم نهایی آن به ۱۲۰۰ میکرولیتر رسانده شد (Du *et al*., 2009). ویال‌ها به مدت دو ساعت در محل تاریکی در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و به صورت میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید.

برای ارزیابی فلاونوئید کل از روش شین و همکاران (Shin *et al*., 2014) با کمی تغییر استفاده شد. ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتریت سدیم پنج درصد مخلوط کرده و بعد از پنج دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد به آن اضافه شد. بعد از پنج دقیقه، یک میلی‌لیتر سود یک مولار اضافه گردید و در نهایت حجم محلول به پنج میلی‌لیتر رسانده شد و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم کوئرسیتین بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد.

برای اندازه گیری میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها، از رادیکال آزاد DPPH (2,2-Diphenyl- picryl- Hydtazyl) استفاده شد. برای اندازه‌گیری توانایی عصاره‌ها در مهار رادیکال‌های آزاد، ۵۰ میکرولیتر از عصاره آماده شده را با ۱۰۰۰ میکرولیتر DPPH مخلوط و سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شدند و جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Dynamica- HALO DB-20) در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد و بر اساس فرمول زیر درصد بازدارندگی محاسبه گردید (Nakajima *et al*., 2004).

$$\text{درصد مهار رادیکال DPPH} = A_{Blank} - A_{Sample} / A_{Blank} \times 100$$

در این رابطه A_{Blank} و A_{Sample} به ترتیب جذب شاهد و جذب نمونه می‌باشد.

درصد چربی و پروفایل اسیدهای چرب

روغن نمونه‌ها با استفاده از سوکسله استخراج گردید. نمونه های روغن ابتدا با ورتکس کاملا همگن شد و ۱۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه به دقت وزن گردید. سپس اسیدهای چرب با افزودن سه میلی لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی (دو مولار) صابونی و بعد با افزودن پنج میلی لیتر اسید سولفوریک متانولی (۱۲٪ حجمی /حجمی) به متیل استر تبدیل شد. متیل استر اسیدهای چربی در یک میلی لیتر هپتان نرمال استخراج و جهت آنالیز پروفایل اسید های چرب، یک میکرولیتر از فاز هپتان نرمال به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. جهت شناسائی تک تک اسیدهای چرب از استاندارد اسیدهای چرب ساخت شرکت سیگما با مقایسه زمانهای بازداری استفاده گردید.

دستگاه کروماتوگراف گازی مورد استفاده مدل Agilent-6890 ساخت کمپانی Agilent آمریکا، مجهز به دریچه تزریق کاپیلاری، ستون کاپیلاری ویژه تجزیه اسید های چرب (HP-88) به طول ۱۰۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر با فاز ساکن (88% - Cyanopropy)aryl-polysiloxane) به ضخامت ۰/۲۰ میکرومتر، دتکتور یونش شعله ای (FID) بود. دمای اولیه آون ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت پنج دقیقه نگهداشته شد و بعد با سرعت چهار درجه سانتیگراد بر دقیقه تا ۲۴۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت و ۱۵ دقیقه در این دما ثابت نگهداشته شد. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل و آراینده به ترتیب با سرعت جریان ۱ و ۴۵ میلی لیتر بر دقیقه استفاده گردید. دمای دریچه تزریق ۲۶۰ درجه سانتیگراد و دمای آشکارساز ۲۸۰ درجه سانتیگراد تنظیم شدند. پردازش داده های دستگاه با استفاده از نرم افزار Chemstation در محیط ویندوز انجام شد (Barthet, 2000).

گازهای نیتروژن و هیدروژن مورد استفاده برای آنالیز با دستگاه کروماتوگراف گازی با خلوص تجزیه ای ۹۹/۹۹۹ ٪ از شرکت اکسیژن سبلان نمایندگی شرکت Air Product انگلستان تهیه شدند. هوای فشرده از شرکت اکسیژن ارومیه فراهم گردید. حلال های کلرفرم، هپتان نرمال و متانول با خلوص بالا از شرکت کالدون کانادا تهیه شد و بدون تخلیص مجدد مورد استفاده قرار گرفتند. اسید سولفوریک و هیدروکسید پتاسیم از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

پژوهش حاضر در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. داده‌های حاصل از پژوهش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

تاریخ برگ دهی و زمان برداشت

تاریخ برگ‌دهی در ژنوتیپ های مورد مطالعه و رقم چندلر در سال ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفت. رقم چندلر نسبت به ژنوتیپ‌های گزینش شده دیر برگده بود. برخی از ژنوتیپ‌ها

مانند PG6 و PG7 نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها دیر برگده‌تر بودند به طوری که ژنوتیپ PG6 نسبت به زود برگده‌ترین ژنوتیپ (PG8)، ۱۵ روز تاخیر در گلدهی داشت (جدول ۲). لازم به ذکر است که در شرایط آب و هوایی ارومیه، برگ‌دهی رقم چندلر به طور معمول در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت اتفاق می افتد. در سال ۱۳۹۸ بدلیل شرایط نامساعد جوی و پایین بودن دما در اوایل بهار تاریخ برگ‌دهی کلیه ژنوتیپ‌ها و رقم چندلر دیرتر اتفاق افتاد.

با توجه به سرمای دیررس بهاره، دیر برگ‌دهی یکی از خصوصیات مهم در درختان گردو می باشد که نه تنها باعث کاهش خسارت سرمازدگی بلکه باعث کاهش خسارت بیماری بلایت نیز می شود (Dastjerdi and Hassani, 2009; Khadivi-Khub *et al*., 2015). در این راستا مطالعات متعددی توسط پژوهشگران انجام گرفته است و برخی ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ دیر برگ‌دهی گزینش شده است (Arzani *et al*., 2008; Mahmoodi *et al*., 2016; Hassankhah *et al*., 2017). حسنی و همکاران (Hassani *et al*., 2013) با ارزیابی برخی ژنوتیپ‌ها و ارقام بومی و خارجی گردو از نظر برخی صفات رویشی و فنولوژیکی نشان دادند که از نظر زمان برگ‌دهی تنوع بالایی میان ژنوتیپ های مورد مطالعه وجود داشت به‌طوریکه دامنه تغییرات زمان برگ‌دهی بین ژنوتیپ‌ها و ارقام ۲۲ روز ثبت شد.

جدول۲- زمان برگ‌دهی ژنوتیپ‌های برتر گزینش شده در سال ۱۳۹۸

Table 2. Leafing time of selected walnut genotypes in 2019

ژنوتیپ Genotype	Leafing time	تاریخ برگدهی	ژنوتیپ Genotype	Leafing time	تاریخ برگدهی
PG1	16 April 2019	۲۷ فروردین	PG7	27 April 2019	۵ اردیبهشت
PG2	13 April 2019	۲۴ فروردین	PG8	11 April 2019	۲۲ فروردین
PG3	12 April 2019	۲۳ فروردین	PG9	13 April 2019	۲۴ فروردین
PG4	18 April 2019	۲۹ فروردین	PG10	14 April 2019	۲۵ فروردین
PG5	14 April 2019	۲۵ فروردین	PG11	13 April 2019	۲۴ فروردین
PG6	29 April 2019	۷ اردیبهشت	CHANDLER چندلر	11 May 2019	۲۱ اردیبهشت

ارقام و ژنوتیپ‌های داخلی گردو مانند جمال، دماوند، B21، Z53 و بقیه ژنوتیپ های داخلی زود برگده بودند درحالیکه ارقام چندلر، پدرو، هارتلی و روند د مونتیگناک دیر برگده هستند. بررسی مطالعات انجام شده در داخل کشور نشان می دهد هر چند برخی ژنوتیپ های امید بخش در ارزیابی‌های مختلف شناسایی شده اند (Mahmoodi *et al*., 2016;

(Rezaei *et al.,* 2020)، ولی هنوز رقم دیر برگده مطلوب ایرانی همانند ارقام خارجی معرفی نشده است. این موضوع لزوم ارزیابی گسترده‌تر ژرم پلاسم گردو در ایران و انجام مطالعات تکمیلی جهت شناسائی و انتقال صفت دیر برگ‌دهی و دیرگلی به ارقام و ژنوتیپ‌های برترگزینش شده ایرانی را مشخص می کند.

صفات پومولوژیک میوه‌گردو

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تفاوت ژنوتیپ های گردو برای شاخص های پومولوژیکی مورد ارزیابی در سطح احتمال یک یا پنج درصد معنی دار بود (جدول۳). دامنه تغییرات وزن خشک میوه در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از ۹/۱ تا ۱۵/۳۶ گرم متغیر بود. بیشترین وزن خشک میوه متعلق به ژنوتیپ PG6 و کمترین مقدار مربوط PG7 بود. میزان وزن خشک میوه در ژنوتیپ PG6 به طور معنی‌داری بیشتر از رقم چندلر بود (شکل ۲). دامنه تغییرات وزن مغز در ژنوتیپ‌ها بین ۵/۰۳ گرم در ژنوتیپ PG5 تا ۶/۷۳ گرم در ژنوتیپ PG6 متغیر بود (شکل ۳). بیشترین درصد مغز (۵۹/۷۰ درصد) وکمترین ضخامت پوست سخت (۰/۷۶ میلی‌متر) در ژنوتیپ PG7 مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با رقم چندلر داشت (جدول ۳ و۴). در این پژوهش درصد مغز رقم چندلر ۴۷/۹۵ درصد و ضخامت پوست سخت آن ۱/۳۳ میلی متر بود (شکل ۴ و ۵).

ارزیابی‌هایی که بر اساس توصیف نامه گردو در مورد رنگ مغز ژنوتیپ‌های مورد مطالعه انجام شد، نشان داد که ژنوتیپ‌های PG3، PG6، PG7، PG11 و رقم چندلر دارای مغز بسیار روشن، ژنوتیپ‌های PG1، PG2، PG8 و PG10 دارای رنگ روشن و ژنوتیپ‌های PG4، PG5 و PG9 دارای رنگ کهربایی روشن بودند. هیچ کدام از ژنوتیپ‌ها در گروه رنگ کهربایی قرار نگرفتند (جدول ۴). بافت پوست سخت از خیلی صاف برای ژنوتیپ PG10 تا متوسط (اکثر ژنوتیپ ها) متغیر بود. رقم چندلر همراه با ژنوتیپ‌های PG1، PG2، PG6، PG7، PG9 و PG11 دارای رنگ پوست روشن بودند.

به استثنای ژنوتیپ‌های PG5 و PG10 که جدا شدن مغز در آنها مشکل بود، در سایر ژنوتیپ‌ها خیلی آسان (PG1)، آسان (PG4، PG7، PG9 و PG11) یا متوسط (PG2، PG3، PG6، PG8 و رقم چندلر) بود. همه ژنوتیپ‌ها و رقم چندلر دارای مغز گوشتی متوسط یا بالا با کمترین چروکیدگی بودند؛ بجز ژنوتیپ‌های PG2 و PG5 و PG9 که چروکیدگی جزئی در مغز آنها مشاهده شد، بقیه ژنوتیپ‌ها فاقد چروکیدگی مغز بودند (جدول ۴). تنوع در سایر شاخص‌های مورد ارزیابی در جدول ۴ نشان داده شده است. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ PG2 بیشترین اندازه طول و عرض خشک میوه را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس برای برخی صفات پومولوژیک در ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Table 3. Analysis of variance for some pomological traits in selected walnut genotypes

S.O.V.	منبع تغییرات	D.f.	Mean square میانگین مربعات								
			وزن میوه Nut weight	وزن مغز Kernel weight	درصد مغز Kernel percentage	ضخامت پوست Shell thickness	طول میوه Nut length	عرض میوه Nut width	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity
Genotype	ژنوتیپ	11	12.890*	0.916*	103.470**	0.182**	57.000**	10.920**	68341.830**	29204.520**	83.690*
Error	خطا	24	0.734	0.329	20.190	0.008	0.810	0.903	12617.590	8543.160	33.190
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		6.94	9.70	9.23	6.61	2.22	2.77	16.48	26.42	7.20

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

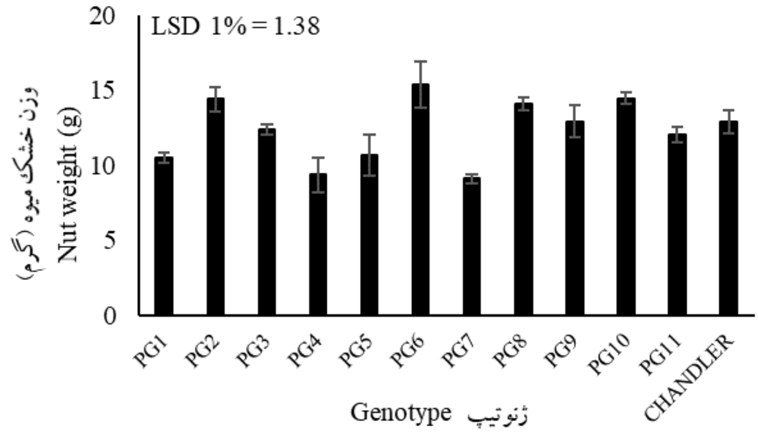
جدول ۴- امتیاز برای برخی ویژگی های کیفیت میوه و مغز ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Table 4. Scores for some quality porperties of fruits and kernel of selected walnut genotypes

ژنوتیپ Genotype	رنگ مغز Kernel color	شکل میوه Nut shape	بافت پوست Shell texture	رنگ پوست Shell color	وضعیت روزنه Type of tip	سختی پوست Sell hardness	ضخامت تیغه میانی Packing tissue thickness	گوشتی بودن مغز Kernel plumpness	پر بودن مغز Kernel fill	جدا شدن دولپه Ease of kernel removal	میزان چروکیدگی مغز Kernel wrinkle
PG1	2	2	3	3	5	1	7	7	7	1	1
PG2	2	4	7	3	9	5	5	5	5	5	3
PG3	1	8	5	1	7	5	5	7	7	5	1
PG4	3	4	7	5	9	3	5	5	5	3	1
PG5	3	8	5	5	3	7	9	5	5	9	3
PG6	1	4	3	3	7	5	5	7	7	5	1
PG7	1	4	3	3	7	1	3	7	7	3	1
PG8	2	8	3	1	9	5	7	7	5	5	1
PG9	3	8	5	3	7	3	5	5	5	3	5
PG10	2	4	1	1	5	7	5	7	7	7	1
PG11	1	8	7	3	1	5	5	7	7	3	1
CHANDLER چندلر	1	4	7	3	5	5	5	7	7	5	1

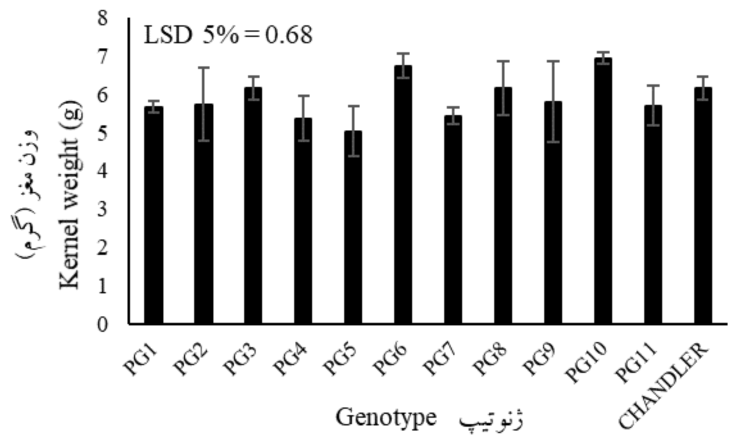
*Description related to the score for each trait has been presented in the materials and methods section.

*توضیح مربوط به امتیاز برای هر صفت در بخش مواد و روش‌ها ارائه شده است.



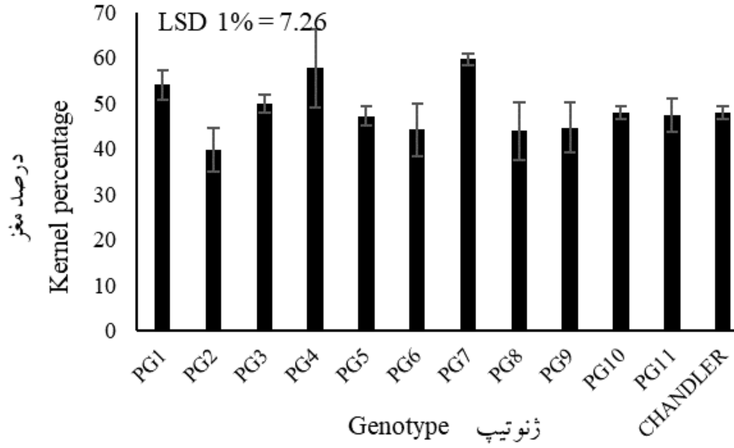
شکل۲- مقایسه میانگین وزن خشک میوه ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو با استفاه از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد

Fig. 2. Mean comparison of nut weight of selected walnut genotypes at using LSD test at the 1% probability level



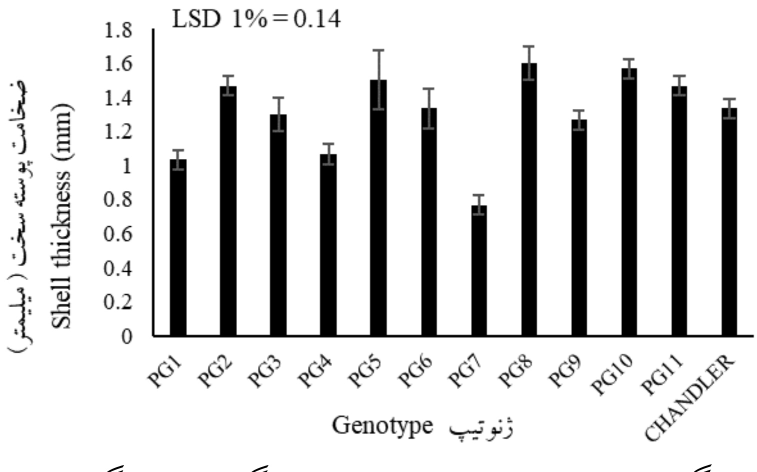
شکل۳- مقایسه میانگین وزن مغز ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد

Fig. 3. Mean comparison of kernel weight of selected walnut genotypes using LSD test at the 5% probability level



شکل۴- مقایسه میانگین درصد مغز ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد

Fig. 4. Mean comparison of kernel percentage in selected walnut genotypes using LSD test at the 1% probability level



شکل۵- مقایسه میانگین ضخامت پوست سخت ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد

Fig. 5. Mean comparison of shell thickness of selected walnut genotypes using LSD test at the 1% probability level

جدول ۵- مقایسه میانگین طول و عرض میوه، فنل کل، فلاونوئیدکل و فعالیت آنتی اکسیدانی ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Table 5. Mean comparison of fruit length and width, total phenol, total flavonoid and antioxidant activity of selected walnut genotypes

ژنوتیپ Genotype	طول میوه (میلیمتر) Fruit length (mm)	عرض میوه (میلیمتر) Fruit width (mm)	فنل کل (میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰گرم وزن تر) Total phenol (mg GAE/100 g FW)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر) Total flavonoid (mg QUE/100 g FW)	فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد مهار رادیکال آزاد) Antioxidant activity (%) (DPPH)
PG1	38.20±0.72	33.67±0.25	675.53±91.49	345.20±113.38	83.50±0.20
PG2	48.37 ±0.76	36.73±2.82	544.47±40.00	255.53±21.42	69.20±10.06
PG3	44.87±0.4	29.97±0.28	674.80±33.90	463.57±69.53	84.13±0.77
PG4	37.47±0.76	32.47±0.81	445.17±67.85	295.90±88.59	73.57±12.06
PG5	36.50±0.81	32.80 ±0.1	592.97±118.79	336.33±45.86	77.50±0.95
PG6	37.43±1.25	36.47±0.81	562.20±38.99	224.57±46.76	80.73±3.98
PG7	36.63±0.46	34.60±0.36	964.17±122.06	262.60±118.00	82.67±0.96
PG8	35.03±00.21	35.40±0.36	897.77±139.66	368.87±103.11	81.13±1.98
PG9	45.89±1.83	35.54±0.30	632.20±126.45	253.80±18.96	84.17±1.07
PG10	35.99±0.55	33.49±0.27	832.60±76.100	403.20±45.59	84.83±1.22
PG11	38.87±1.21	34.50±0.65	712.23±151.12	443.57±37.40	73.73±0.30
CHANDLER چندلر	38.63±0.55	35.37±0.75	651.00±75.71	543.80±107.91	84.93±0.94
LSD (1%)	1.45	1.53	181.39	149.25	-
LSD (5%)	-	-	-	-	6.86

کاراداغ و آکجا (Karadag and Akca, 2011) گزارش کردند که وزن میوه گردو در نمونه های ارزیابی شده بین ۷/۴۶ تا ۱۵/۲۱ گرم، وزن مغز از ۳/۷۳ تا ۷/۴۴ گرم و درصد مغز از ۴۶/۱۵ تا ۶۱/۱۶ درصد بود. رضایی و همکاران (Rezaei *et al*., 2018) نیز با ارزیابی ۵۰ ژنوتیپ گردو گزارش کردند که وزن مغز بین ۲/۴۶ تا ۱۵/۱۱، وزن میوه بین ۵/۳۰ تا ۳۱/۳۱ گرم و درصد مغز بین ۳۷/۲۷ تا ۶۶/۲۷ درصد بود. در بررسی دوازده ژنوتیپ گردو از چهار منطقه استان مرکزی که به دلیل باردهی منظم و عملکرد بالا انتخاب شده بودند، وزن میوه از ۷/۴۶ تا ۱۵/۲۵ گرم، وزن مغز از ۳/۷۷ تا ۸/۱ گرم و درصد مغز بین ۴۹/۹۷ تا ۶۰/۵۱ درصد متغیر بود (Ghasemi *et al*., 2011). تفاوت در شاخص‌های پومولوژیکی مرتبط با مغز و میوه گردو در مطالعات سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Shamlu *et al*., 2016; Bayazit *et al*., 2019).

بررسی نتایج سایر پژوهشگران نشان می‌دهد که دامنه تغییرات وزن میوه و مغز، درصد مغز و سایر صفات پومولوژیکی گردو متفاوت بود. دلیل این تنوع می‌تواند مربوط به تعداد و نوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و همچنین شرایط اکولوژیکی محل پژوهش باشد. در پژوهش حاضر با توجه به اینکه کلیه ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس باردهی جانبی، پرمحصولی و اندازه میوه درشت‌تر انتخاب شده بودند، دامنه محدود تغییرات قابل پیش‌بینی بود، به طوری‌که بیشترین مقدار وزن میوه و مغز در پژوهش حاضر به ترتیب ۱۵/۳۶ و ۶/۷۳ گرم در ژنوتیپ PG6 مشاهده شد. در حالی‌که در مطالعه رضایی و همکاران (Rezaei *et al*., 2018) این مقادیر به ترتیب ۳۱/۳۱ و ۱۵/۱۱ گرم بود. با توجه به اینکه وزن خشک میوه برای ارقام تجاری گردو بین ۱۲ تا ۱۴ گرم، وزن مغز بین ۵ الی ۷ گرم و درصد مغز بین ۴۸ تا ۵۵ درصد، توسط پژوهشگران مطلوب اعلام شده است (Forde and McGranahan, 1996; Germain, 1997)، می توان نتیجه گرفت که خیلی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش، از ویژگی های مطلوب برای انتخاب به عنوان یک رقم تجاری برخوردار بودند.

از نظر ضخامت پوست سخت، تفاوت های معنی داری میان ژنوتیپ‌ها وجود داشت و برخی از ژنوتیپ‌ها مانند PG7 و PG1 با داشتن کمترین ضخامت پوست، دارای پوست کاغذی بودند. داشتن ضخامت پوست کمتر از نظر اقتصادی و بازارپسندی حائز اهمیت می باشد. با این حال گزارش شده است که ژنوتیپ‌های با پوست های کاغذی و ضخامت پوست کم با وجود داشتن درصد مغز بالاتر، عملکرد در هکتار پایینی دادند و احتمال آسیب به مغز گردو در برداشت مکانیکی و آسیب توسط پرندگان وجود دارد (Saadat *et al*., 2020).

از جمله صفات مهم گردو راحت جدا شدن مغز از پوست چوبی می باشد. بسیاری از ژنوتیپ‌های با عملکرد و کیفیت تغذیه‌ای

مطلوب، بدلیل سخت بودن جدا شدن مغز و خرد شدن آن مورد استقبال مصرف کنندگان قرار نمی گیرد (Britton *et al*., 2007). علاوه بر راحتی جدا شدن مغز از پوسته سخت، ژنوتیپ‌های برتر گردو باید مغز توپر و گوشتی با کمترین چروکیدگی را داشته باشند (Saadat *et al*., 2020). بر اساس ارزیابی پومولوژیکی انجام شده در این پژوهش، ژنوتیپ‌های PG3، PG6 و PG7 بدلیل رنگ مغز بسیار روشن یا روشن، وزن و درصد مغز قابل رقابت با رقم چندلر، راحتی جدا شدن مغز و پر و گوشتی بودن مغز بدون هیچ گونه چروکیدگی، می توانند به عنوان ژنوتیپ‌های برتر مورد ارزیابی تکمیلی و پایداری عملکرد قرار گیرند. ژنوتیپ PG10 با وجود کیفیت مغز و ظاهر خشک میوه مطلوب، ضخامت پوست بیشتری دارد و از نظر راحتی جدا شدن مغز و سختی پوست در وضعیت مطلوبی قرار نداشت. درصد مغز رقم چندلر در پژوهش حاضر ۴۷/۹۵ درصد بود. در حالیکه برخی ژنوتیپ های برتر مورد مطالعه درصد مغز بیشتری داشتند. این موضوع اهمیت توجه به ژرم پلاسم گردو در نقاط مختلف کشور را بیش از پیش نشان می دهد.

میزان فنل و فلاونوئیدکل و فعالیت آنتی اکسیدانی مغزگردو

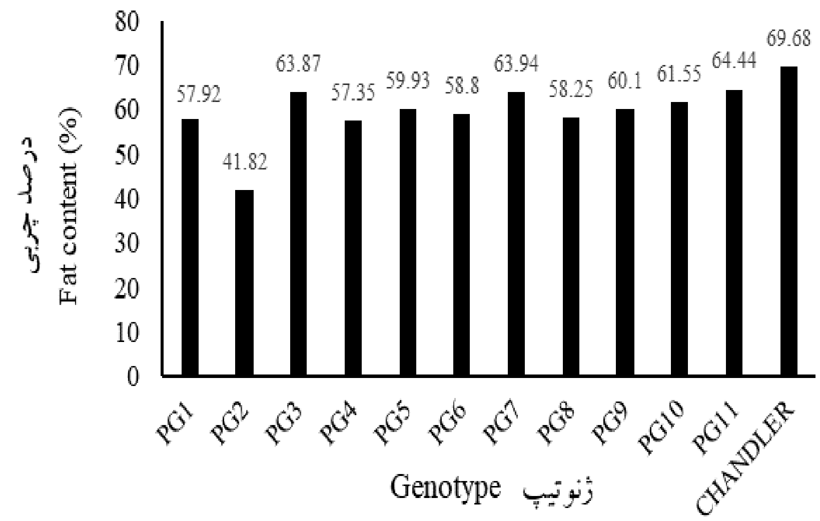
تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تفاوت ژنوتیپ های گردو برای محتوای فنل کل و فلاونوئید کل در سطح احتمال یک درصد و برای میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین (۹۶۴/۷ میلی‌گرم اسیدگالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و کمترین مقدار فنل کل (۴۴۵/۱۷ میلی‌گرم اسیدگالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) به ترتیب مربوط ژنوتیپ‌های PG7 و PG4 بود (جدول ۵). بالاترین میزان فلاونوئید کل (۵۴۳/۸۰ میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و فعالیت آنتی اکسیدانی (۸۴/۹۳ درصد) مربوط رقم چندلر بود (جدول ۵). برای فعالیت آنتی اکسیدانی، بجز ژنوتیپ‌های PG2، PG4، PG5 و PG11، بقیه ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری با رقم چندلر نداشتند.

تفاوت در مقدار آنتی اکسیدان و ترکیبات فنلی را می توان به تفاوت ژنوتیپ‌ها و شرایط اکولوژیکی محل برداشت ربط داد که بر تجمع و ذخیره ترکیبات فنلی بر مقدار سنتز و یا نوع فنل های اسیدی تاثیر می گذارد (Lachman *et al*., 2010). تغییرات آب و هوایی مانند درجه حرارت در تولید ترکیبات فنل و فلاونوئید در گیاهان موثر است (Nicoli *et al*., 2000). با توجه به اینکه در پژوهش حاضر ژنوتیپ‌های گردو از نقاط مختلف شهرستان ارومیه جمع آوری شدند، این احتمال وجود دارد که در این تنوع علاوه بر ژنوتیپ، عوامل محیطی و اثر متقابل آنها نیز تاثیرگذار بودند. هر چند که ارزیابی اولیه برای انتخاب این ژنوتیپ‌ها طی دو سال یعنی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد تا درصد خطا به حداقل برسد. با این حال ارزیابی های تکمیلی ژنوتیپ های برتر

گزینش شده در پژوهش حاضر برای تعیین اثر ژنتیک و محیط و اثر متقابل آنها لازم است.
سلیمانی سرغشک (Soleimani Sarghashk, 2016) خواص آنتی اکسیدانی ۲۷ ژنوتیپ برتر گردوی ایرانی و سه رقم خارجی شامل فنل کل و فلاونوئید کل، آنتوسیانین و رادیکالهای پراکسید هیدروژن و فعالیت ترشح سوپراکسید، قدرت کاهش دهنده آن با استفاده روش DPPH را ارزیابی کرد. نتایج نشان دهنده تفاوت بین نمونه‌های مورد مطالعه برای شاخص‌های مورد ارزیابی بود. تفاوت در محتوای فنلی ارقام مختلف گردو توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است. کافکاس و همکاران (Kafkas *et al.*, 2017) با ارزیابی محتوای فنلی و پروفایل اسیدهای چرب و توکوفرول در برخی ارقام گردو، بالاترین میزان فنل کل را در رقم Sen به میزان ۳۴۹ میلی گرم اسیدگالیک بر ۱۰۰ گرم مغز گردو گزارش کردند که پایین تر از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش بود. گزارش‌های متعددی بر اهمیت مصرف گردو به دلیل خاصیت آنتی اکسیدانی بالای آن در جلوگیری از بروز برخی از بیماریها اشاره دارد (Oliveira *et al.*, 2008). این خصوصیات لزوم ارزیابی محتوای فنل و فلاونوئیدی و خاصیت انتی اکسیدانی را در ارزیابی ژنوتیپ‌ها و معرفی ارقام برتر گردو نشان می دهد.

درصد چربی و پروفایل اسیدهای چرب مغزگردو

بیشترین میزان چربی مغز (۶۹/۶۸ درصد) در ژنوتیپ چندلر و کمترین میزان (۴۱/۸۲ درصد) مربوط به ژنوتیپ PG2 بود. کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بجز ژنوتیپ PG2 ، دارای میزان چربی بالای ۵۷ درصد بودند (شکل ۶).



شکل ۶- درصد چربی مغز ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Fig. 6. Kernel fat (%) of selected walnut genotypes

پروفایل اسیدهای چرب نشان داد که اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن ژنوتیپ های گردو غالب بود و درصد بالاتری را به خود اختصاص دادند. اسید لینولئیک، اسید اولئیک و اسید لینولنیک به ترتیب بیشترین درصد اسیدهای چرب ژنوتیپ های گردو را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). میانگین اسیدلینولئیک در ژنوتیپ‌های گردو مورد بررسی ۴۲/۵۸ درصد بود که بیشترین مقدارآن در ژنوتیپ PG6 (۴۷/۷۸ درصد) و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ PG7 (۳۵/۹۹ درصد) ثبت شد. میانگین اسید اولئیک ۲۴/۲۹ درصد بدست آمد که بیشترین مقدار آن در ژنوتیپ PG10 (۳۶/۵۸ درصد) وکمترین میزان آن در ژنوتیپPG6 (۱۲/۹۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۶).

در پژوهش حاضر میانگین میزان اسید پالمیتیک ۹/۲۸ درصد و تغییرات آن بین ژنوتیپ‌ها از ۸/۲۲ درصد (PG10) تا ۱۲/۰۲ درصد (PG6) بود (جدول ۶). میانگین میزان اسید استئاریک ۳/۰۸۵ درصد بدست آمد و همانطور که در جدول ۶ نشان داده شده است، دامنه تغییرات آن در میان ژنوتیپ‌ها از ۲/۱۳ تا ۴/۱۲ درصد متغیر بود. میانگین میزان اسید آراشیدیک ۰/۱۹ درصد با دامنه تغییرات ۰/۱۱ تا ۰/۲۵ درصد بود. مقدار اسید هنایکوزانوئیک و اسید گندوئیک در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کم بود بطوریکه اسید هنایکوزانوئیک به مقدار جزئی فقط در ژنوتیپ‌های PG5، PG6 و PG11 و اسید گندوئیک فقط در ژنوتیپ‌های PG5، PG6، PG10 و PG11 مشاهده شد (جدول ۶).

مغز گردو به دلیل ویژگی های فیتوشیمیایی و ترکیب اسیدهای چرب از لحاظ تغذیه‌ای اهمیت زیادی دارد و تأثیر مثبتی بر سلامتی انسان دارد. بنابراین در معرفی ژنوتیپ‌های برترگردو علاوه بر ارزیابی خصوصیات پومولوژیکی میوه، ویژگی های فیتوشیمیایی و اسیدهای چرب نیز باید مورد مطالعه قرار گیرد. در بررسی که توسط یزدانی و همکاران (Yazdani *et al*., 2017) بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گردو صورت گرفت، میزان روغن موجود در ارقام مختلف گردو بین ۵۴/۴ تا ۷۲/۱ درصد بود. علاوه براین بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب گردو را اسید های چرب غیر اشباع تشکیل داد و بالاترین میزان مربوط به اسید لینولئیک بود که با نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر مطابقت داشت. همچنین بررسی که توسط یاریلگاک و همکاران (Yarilgac *et al*., 2001) انجام شد، درصد چربی مغز گردو بین ۵۵/۷۴ تا ۶۸/۵۳ درصد گزارش شد.

در پژوهش حاضر میزان روغن گردو بین ۴۱/۸۲ تا ۶۹/۶۸ درصد بر وزن خشک مغز گردو بدست آمد که نشان دهنده کیفیت خوب مغز برخی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. علاوه بر اسیدهای چرب غیراشباع امگا۳ و ۶ اسید اولئیک درصد بالایی از ترکیب اسیدهای چرب را

به خود اختصاص دادند. در روغن مغز برخی ژنوتیپ‌ها (PG6 ،PG5، PG10 و PG11) مقداری اسید گندوئیک (امگا۹) نیز شناسایی شد که بدلیل اهمیت این اسید چرب در سلامتی انسان، می تواند مورد توجه قرار گیرد. شفائی و ارزانی (Shafaei and Arzani, 2018)

جدول ۶- میزان اسیدهای چرب (٪) در ژنوتیپ‌های گزینش شده گردو

Table 6. Fatty acids content (%) in selected walnut genotypes

ژنوتیپ Genotype	اسید لینولئیک Linoleic acid	اسید لینولنیک Linolenic acid	اسید اولئیک Oleic acid	اسید پالمتیک Palmitic acid	اسید استاریک Stearic acid	اسید آراشیدیک Arachidic acid	اسید هنایکوزانوئیک Heneicosanoic acid	اسید گندوئیک Gondoic acid (Omega 9)
PG1	47.26	17.73	19.22	8.90	4.12	0.24	0.00	0.00
PG2	43.73	16.26	26.12	8.64	3.41	0.17	0.00	0.00
PG3	38.85	18.25	28.58	8.95	2.88	0.20	0.00	0.00
PG4	38.13	18.86	28.32	9.21	3.10	0.19	0.00	0.00
PG5	45.00	17.90	21.22	10.29	3.17	0.21	0.06	0.04
PG6	47.78	21.73	12.93	12.02	2.13	0.22	0.34	0.27
PG7	39.37	20.6	26.54	8.24	3.18	0.11	0.00	0.00
PG8	41.23	19.63	25.10	9.03	2.89	0.19	0.00	0.00
PG9	42.65	18.87	24.12	8.66	3.25	0.17	0.00	0.00
PG10	35.99	13.12	36.58	8.22	3.31	0.25	0.00	0.36
PG11	46.30	16.28	21.49	10.60	2.62	0.19	0.08	0.04
CHANDLER چندلر	44.73	20.22	21.27	8.67	2.96	0.18	0.00	0.00

نشان دادند که بیش از ۸۸ درصد ترکیب اسیدهای چرب روغن گردو از نوع غیراشباع می باشد. از اسیدهای چرب روغن گردو اسید لینولئیک (۵۷/۷۷-۳۹/۳۸ درصد)، اسید چرب غالب و اسید اولئیک (۴۱/۲۹-۲۰/۶۷ درصد)، اسید لینولنیک (۱۲/۸۹-۷/۸۴ درصد)، اسیدپالمتیک (۹/۳۳-۶/۷ درصد) و اسید استاریک (۴/۶۷-۱/۴۷ درصد) بیشترین مقادیر را داشتند که با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد.

در بررسی که بر روی ۱۹ ژنوتیپ گردو در کشور ترکیه انجام شد، میزان کل چربی ۵۱/۲ تا ۸۲/۱ درصد گزارش شد. اسید استئاریک ۲/۵۷ تا ۳/۳۷ درصد و اسید میریستیک ۰/۵۰ تا ۰/۰۵ درصد و اسید پالمتیک از ۶/۴۲ تا ۷/۹۷ درصد و اسید آرشیدیک ۰/۰۰ تا ۰/۱۶ درصد و اسید لینولئیک از ۵۳/۱۳ تا ۶۳/۶۲ درصد متغییر بود (Beyhan *et al* ., 2017). تفاوت در میزان روغن و درصد اسیدهای چرب ژنوتیپ‌های مختلف گردو در مطالعات سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Polat *et al*., 2015; Akhiani *et a*l., 2017; Bayazit *et al*., 2019).

در پژوهش حاضر مشخص شد که درصد چربی و پروفیل اسیدهای چرب در بین

ژنوتیپ‌های برتر گردو مورد مطالعه متفاوت بود. این تفاوت می‌تواند به علت تنوع ژنتیکی و شرایط اکولوژیک محل رشد ژنوتیپ‌ها باشد. چنین نتایجی در مطالعات اخیانی و همکاران (Akhiani *et al*., 2017) نیز گزارش شده است. شفائی و ارزانی (Shafaei and Arzani, 2018) با مطالعه روی نژادگان‌های برترگردو در استان کرمانشاه نشان دادند که درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب مغز گردو تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی میوه و شرایط اقلیمی مناطق قرار نگرفت. با این حال برخی پژوهش‌ها به اثر شرایط اکولوژیکی بر ترکیبات فیتوشیمیایی مغزگردو تاکید دارند. عوامل اقلیمی، بارش و دما بر تشکیل و تجمع اسیدهای چرب تک رشته ای غیراشباع، توکوفرول ها و اکثر مواد معدنی تأثیر می‌گذارد (Wu *et al*., 2020; Zwarts *et al*., 1999). بنابراین ارزیابی تکمیلی و پایداری ژنوتیپ‌های برترگزینش شده در پژوهش حاضر ضروری می باشد.

در سال‌های اخیرکشت رقم چندلر در نقاط مختلف دنیا و همچنین ایران در حال گسترش است. توسعه کشت یک رقم خاص و عدم جایگزینی آن با ژنوتیپ های بومی باعث کاهش تنوع و افزایش آسیب پذیری ژنتیکی در طولانی مدت می شود. بنابراین ارزیابی ژرم پلاسم گردو در مناطق مختلف کشور و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر بومی بیش از پیش اهمیت پیدا می کند. در پژوهش حاضر مشخص شد که در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های PG3، PG6، PG7 و تا حدودی PG10 با داشتن بالاترین وزن خشک میوه و وزن و درصد مغز بالا، ضخامت پوست مناسب، رنگ مغز سفید، راحتی جدا شدن و گوشتی و بدون چروکیده بودن مغز، درصد چربی و اسیدهای چرب غیر اشباع نسبتا بالا، می‌توانند به عنوان ژنوتیپهای امید بخش مورد ارزیابی تکمیلی قرار گیرند.

ژنوتیپ‌های گردوی مذکور برای خیلی از خصوصیات مورد ارزیابی برتر و یا هم سطح با رقم تجاری چندلر بودند. علاوه بر این، بدلیل بومی و سازگار بودن این ژنوتیپ ها به شرایط آب و هوایی شهرستان ارومیه، این امیدواری وجود دارد که با ارزیابی تکمیلی از نظر عملکرد، خصوصیات فنولوژیکی، مقاومت به تنشهای زیستی و غیر زیستی و همچنین عطر و طعم و مزه، رقمی با کیفیت بالا از لحاظ خصوصیات پومولوژیکی، فیتوشیمیایی و اسیدهای‌چرب انتخاب و معرفی شود تا امکان جایگزینی آن با برخی ارقام خارجی که بدون برنامه و ارزیابی‌های سازگاری مورد کشت و کار قرار می گیرند، فراهم گردد.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه برای تامین بخشی از هزینه‌های اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

References

Akhiani, S., Afshari, H., and Parvaneh, T. 2017. Evaluation of some phenological and pomological characteristics of selected walnut genotypes from Shahroud-Iran. Journal of Nuts 8 (1): 21-30.

Arzani, K., Mansouri Ardakan, H., and Vezvaei A. 2008. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotype from central Iran. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 36 (3): 159-168.

Barthet, V. J., Chornick, T., and Daun, J. K. 2002. Comparison of methods to measure the oil contents in oilseeds. Journal of Oleo Science 51: 589-597.

Bayazıt, S., Calıskan, O., and Kılıc, D. 2019. Pomological and chemical properties of some walnut genotypes in Central Anatolia. Gaziosmanpasa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36 (3): 243-249.

Beyhan, O., Ozcan, A., Ozcan, H., Kafkas, E., Kafkas, S., Sutyemez, M., and Ercisli, S. 2017. Fat, fatty acids and tocopherol content of several walnut genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 45 (2): 437-441.

Britton, M. T., Leslie, C. H., McGranahan, G. H., and Dandekar, A. M. 2007. Walnuts, In: Pua, E. C. and Davey, N. R. (eds.) Biotechnology in agriculture and forestry. 349 pp.

Cosmulescu, S., Stefanescu, D., and Ionescu, M. B. 2018. Genetic diversity among *Juglans regia* genotypes based on morphological characters of nut. Erwerbs-Obstbau 60 (2): 137-143.

Dastjerdi, R., and Hassani, D. 2009. Response of walnut genotypes to *Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces. & de Note. in greenhouse. Seed and Plant Improvement Journal 25-1 (3): 433-449 (in Persian).

Du, G., Li, M., Ma, F., and Liang, D. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. Food Chemistry 113: 557-562.

FAO, 2019. The state of food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, Italy.182 pp.

Forde H. I., and McGranahan, G. H. 1996. Walnuts. pp. 241-273. In: Janick, J. and Moore, J. N. (eds.) Advances in fruit breeding. Purdue University Press. West Lafayette, USA.

Germain, E. 1997. Genetic improvement of the Persian walnut (*Juglans regia* L). Acta Horticulturae 442: 21–31.

Ghasemi, M., Arzani, K., Hassani, D., and Ghasemi, SH. 2011. Variability in nuts of twelve walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province. Journal of Food Science and Technology 31: 63-67 (in Persian).

Hassani, D., Atefi, J., Haghjooyan, R., Dastjerdi, R., Keshavarzi, M., Mozaffari, M. R., Soleimani, A., Rahmanian, A. R., Nematzadeh, F., and Malmir, A. 2012. Jamal, a new Persian walnut cultivar for moderate-cold areas of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 28 (1): 523-525.

Hassani, D., Mozaffari, M. R., Souraki, Y. D., Soleimani, A., and Loni, A. 2013. Vegetative and reproductive traits of some Iranian local and foreign cultivars and genotypes of walnut (*Juglans regia* L.). Seed and Plant Improvement Journal 29 (4): 839-855 (in Persian).

Hassani, D., Mozaffari, M. R., Soleimani, A., Dastjerdi, R., Rezaee, R., Keshavarzi, M., Vahdati, K., Fahadan, A., and Atefi, J. 2020. Four new Persian walnut cultivars of Iran: Persia, Caspian, Chaldoran, and Alvand. HortScience 55 (7): 1162-1163.

Hassankhah, A., Vahdati, K., Rahemi, M., and Sarikhani Khorami, S. 2017. Persian walnut phenology: Effect of chilling and heat requirements on bud break and flowering date. International Journal of Horticultural Science and Technology 4 (2): 259-271.

IPGRI. 1994. Descriptors for walnut (*Juglans* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.51 pp.

Kafkas, E., Burgut, A., Ozcan, H., Ozcan, A., Sutyemez, M., Kafkas, S. and Türemis, N. 2017. Fatty acid, total phenol and tocopherol profiles of some walnut cultivars: a comparative study. Food and Nutrition Sciences 8 (12): 1074-1084.

Karadag, H., and Akca, Y. 2011. Phenological and pomological properties of promising walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from selected native population in Amasya Province. African Journal of Biotechnology 10: 16763-16768.

Karlidag, H., Karaat, F. E., Kutsal, İ. K., Altun, O.T., and Tuncay, K. A. N. 2019. Physical and chemical fruit quality properties of some walnut cultivars and promising local selections grown under plain conditions in Malatya. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 29 (4): 731-737.

Khadivi-Khub, A. 2015. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. Acta Physiologiae Plantarum 37: 1718. https://doi.org/10.1007/s11738-014-1718-2

Lachman, J., Orsk, M., Hejtmnkov, A., and Kovrov, E. 2010. Evaluation of

antioxidan activity and total phenolics of selected Czech honeys. LWT-Food Science Technology 43: 52-58.

Mahmoodi, R., Hassani, D., Amiri, M. E., and Aghaei, M. J. 2014. Comparison of nut characteristics and yield of some selected Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes with foreign cultivars. Seed and Plant Improvemnt Journal 30 (2): 441-456 (in Persian).

Mahmoodi, R., Hassani, D., Amiri, M. E., and Aghaei, M. J. 2016. Phenological and pomological characteristics of five promised walnut genotypes in Karaj, Iran. Journal of Nut 7 (1): 1-8.

McGranahan, G. H., and Leslie, C. 1991. Walnuts (*Juglans*). Acta Horticulturae 290: 907- 951.

Nakajima, J.I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M., and Saito, K. 2004. LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. Journal of Biomedicine and Biotechnology 5: 241–247.

Nicoli, M.C., Calligaris, S., and Manzocco, L. 2000. Effect of enzymatic and chemical oxidation on the antioxidant capacity of catechin model systems and in apple derivatives. Journal of Agriculture and Food Chemistry 48: 4576-4580.

Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C., Bento, A., Estevinho, L., and Pereira, J. A. 2008. Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. Food and Chemical Toxicology 46: 2326-2331.

Petrović-Oggiano, G., Debeljak-Martačić, J., Ranković, S., Pokimica, B., Mirić, A., Glibetić, M., and Popović, T., 2020. The effect of walnut consumption on n-3 fatty acid profile of healthy people living in a non-Mediterranean West Balkan country, a small scale randomized study. Nutrients 12 (1): 1-14.

Poggetti, L., Ferfuia, C., Chiabà, C., Testolin, R., and Baldini, M. 2018. Kernel oil content and oil composition in walnut (*Juglans regia* L.) accessions from north-eastern Italy. Journal of the Science of Food and Agriculture 98 (3): 955-962.

Polat, M., Okatan, V., and Güçlü, S. F. 2015. Determination of some physical and chemical properties of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes grown in the central district of Bitlis/Turkey. Scientific Papers. Series B Horticulture 59: 81-86.

Rabadán, A., Pardo, J. E., Pardo-Giménez, A., and Álvarez-Ortí, M. 2018. Effect of genotype and crop year on the nutritional value of walnut virgin oil and defatted flour. Science of the Total Environment 634: 1092-1099.

Rezaei, R., Hassani, G. H., Hassani, D., and Vahdati, K. 2008. Morphobiological characteristics of some newly selected walnut genotypes from seedling collection of Kahriz-Orumia. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 9: 205-214 (in Persian).

Rezaei, A., Arzani, K., and Sarikhani, S. 2020. Morphological evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) superior genotypes in north Hamadan province of Iran. Iranian Journal of Horticultural Science 51 (2): 441-457.

Rezaei, Z., Khadivi, A., Valizadehkaji, B., and Abbasifar, A. 2018. The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. Euphytica 214 (4): 1-14.

Savage, G. P. 2001. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. Plant Foods for Human Nutrition 56: 75-82.

Saadat, Y. A., Zandi, P., Abbasi, A., Sayah, L., and Nemati, A. 2020. Evaluation of nut traits in superior Persian walnut (*Juglans regia*) genotypes of Estahban genetic resources collection. Plant Production Technology 19: 57-71 (in Persian).

Shafaei, Z., and Arzani, K. 2018. Evaluation of diversity of walnut promising genotypes in Kermanshah province according to oil properties and determine the correlation of these traits with some morphological and ecological characters, Iranian Journal of Horticultural Science 48: 887-897 (in Persian).

Shamlo, F., Rezaei, M., A. Biabani, A., and Khanahmadi, A. 2016. Morphological diversity among walnut genotypes of Azadshar, Iran. Journal of Horticultural Science 30 (3): 469-479 (in Persian).

Shin, S. W., Ghimeray, A. K., and Park, C. H. 2014. Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidant and allyl isothiocyanate content in the different organs of wasabi japonica grown in an organic system. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines 3 (11): 38-45.

Simsek, M., Gulsoy, E., Pehluvan, M., and Erdogmus, B. 2018. A Research on determination some botanical, pomological and chemical properties of walnut genotypes (*Juglans regia* L.) grown in eastern Turkey. Fresenius Environmental Bulletin 27 (4): 2492-2498.

Slinkard, K., and Singleton, V. L. 1977. Total phenol analyses: automation andcomparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture 28: 49–55.

Soleimani Sarghashk, M. 2016. Evaluation of antioxidant properties and total phenolic contents in some *Juglans regia* genotypes. M. Sc. thesis. University of Zabol. Zabol, Iran. 66 pp. (in Persian).

Tarhi, K., Farokhzad, A., Ghasemzade, R., and Mohsenazar, M. 2021. Evaluation of genetic potential of walnut germplasm in Urmia region for selection of superior genotypes with lateral bearing habit. Pomology Research 5: 90-107 (in Persian).

Testolin, R., Poggetti, L., Ermacora, P., Cipriani, N., and Pavan, N. 2017. Morphological and carpological variability of walnut germplasm (*Juglans regia* L.) collected in north-eastern Italy and selection of superior genotypes. Scientia Horticulturae 225: 615–619.

Vahdati, K., Sarikhani Khorami, S., and Arab, M. M. 2018. Walnut: a potential multipurpose nut crop for reclaiming deteriorated lands and environment. Acta Horticulturae 1190: 95-100.

Wu, S., Ni, Z., Wang, R., Zhao, B., Han, Y., Zheng, Y., and Liu, Y. 2020. The effects of cultivar and climate zone on phytochemical components of walnut (*Juglans regia* L.). Food and Energy Security 9 (2): e196.

Yarilgac, T., Koyuncu, F., Koyuncu, M. A., Kazankaya, A., and Sen, S. M. 2001. Some promising walnut selections (*Juglans regia* L.). Acta Horticulturae 544: 93–100.

Yazdani, N., Hamidi, S., Rezaei, K., Vahdati, K., and Rahmanian Haghighi, A. 2017. Evaluation of some pomological characteristics and fatty acids composition of thirteen walnut cultivars. Journal of Crops Improvement 19: 189-201.

Yerlikaya, C., Yucel, S., Erturk, Ü., and Korukluoğlu, M. 2012. Proximate composition, minerals and fatty acid composition of *Juglans regia* L. genotypes and cultivars grown in Turkey. Brazilian Archives of Biology and Technology 55 (5): 677-683.

Zbanca, A., Negritu, G., Dobrovolschi, L., and Gherasim, I. 2020. Development of the walnut sector in the Republic of Moldova. Scientific Papers Series: Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development 20 (1): 639-646.

Zwarts, L., Savage, G. P., and McNeil, B. L. 1999. Fatty acid content of New Zealand- grown walnuts (*Juglans regia* L.). International Journal of Food Sciences and Nutrition 50: 189-194.